

**Interreg**

CENTRAL EUROPE

**DEEPWATER-CE**



European Union  
European Regional  
Development Fund

TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD



Pierwsze szkolenie Grupy Interesariuszy Międzysektorowych  
Webinarium: my own conference, 15 październik 2020

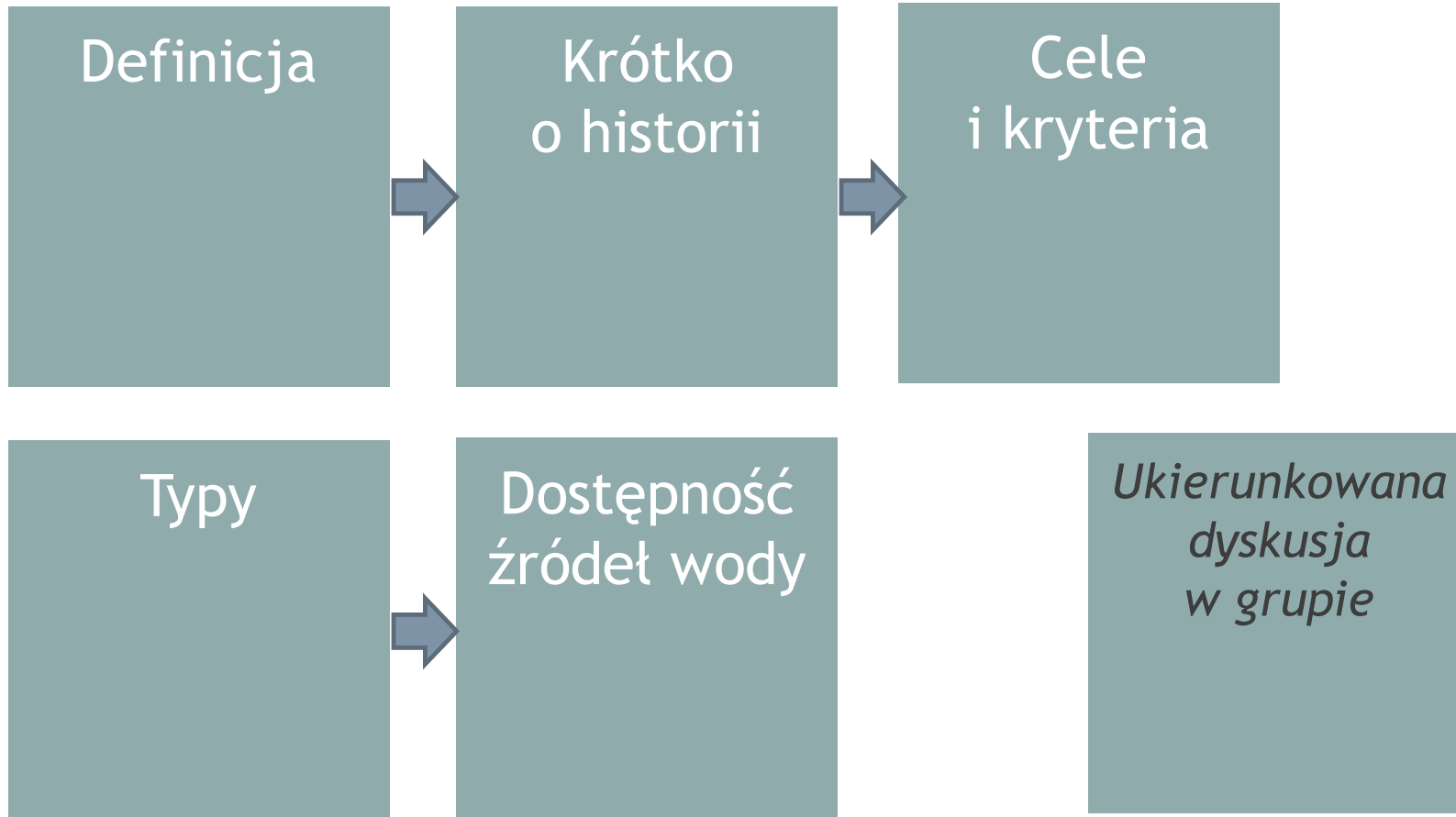


## Zasady MAR

A.T1.3 Podnoszenie kwalifikacji interesariuszy w celu zapewnienia zintegrowanego podejścia środowiskowego do MAR



dr hab. Andrzej Witkowski prof. UŚ, dr Dominika Dąbrowska



A.T1.3 Budowanie potencjału interesariuszy w celu zapewnienia zintegrowanego podejścia środowiskowego do MAR



## Sztuczne zasilanie warstw wodonośnych (MAR)

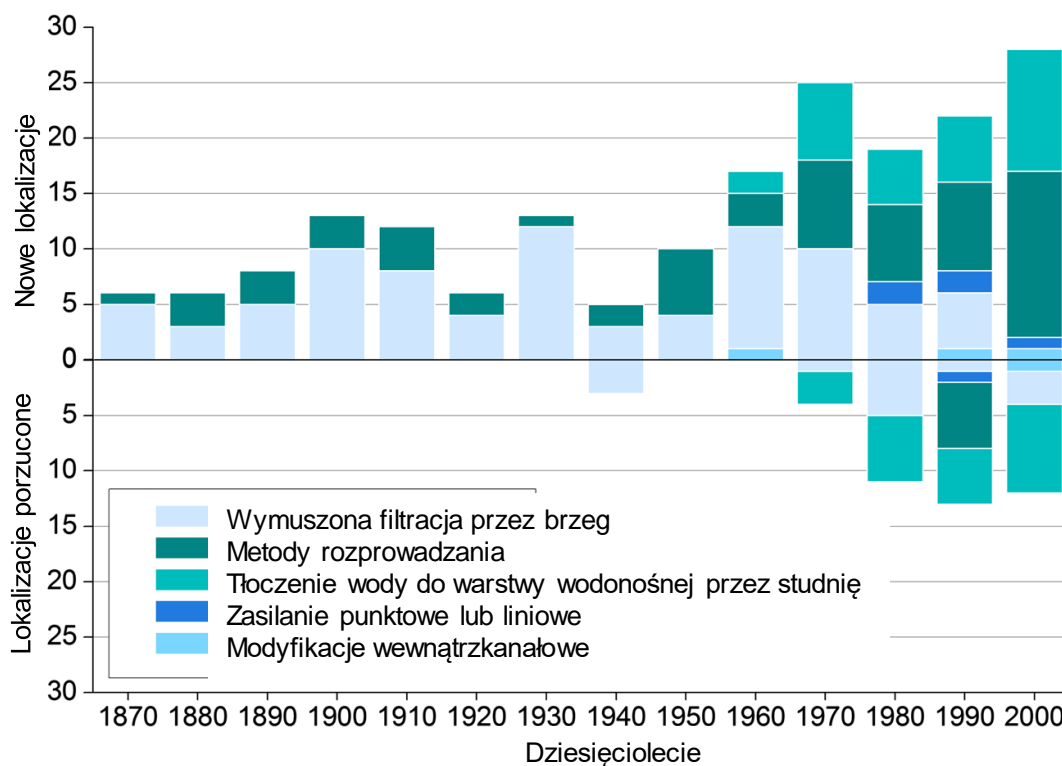
- Termin ten wprowadził brytyjski hydrogeolog Ian Gale, współzałożyciel i w latach 2002-2011 jeden z przewodniczących Komisji ds. MAR Międzynarodowej Asocjacji Hydrogeologów (IAH).
- Jest to coraz częściej stosowana metoda utrzymania, wzbogacania i zabezpieczania zagrożonych zbiorników wód podziemnych.
- upraszczając, jest to celowy proces wprowadzania nadmiaru wód powierzchniowych do gruntu – poprzez rozprowadzanie na powierzchni, wprowadzaniem do studni zasilających lub zmianą warunków naturalnych służącą zwiększeniu przesączania się wody do warstwy wodonośnej.



- Pierwszym miejscem zastosowania MAR w Europie, udokumentowanym w 1810 r. było miasto Glasgow (UK), w którym spółka Glasgow Waterworks Company zainstalowała perforowany kolektor rurowy do pobierania wody z infiltracji przez brzeg.
- Pierwszymi głównymi technikami MAR były:
  - **wymuszona filtracja przez brzeg**
  - **rozprowadzanie powierzchniowe**
- Koncepcja ta przyjęła się w Holandii, Belgii, Szwecji, Francji, Austrii i w Niemczech.
- Badania i rozwój metod tłoczenia wody do warstwy wodonośnej przez studnię podjęto w latach 60-tych.



## Zarys rozwoju historycznego MAR w Europie - liczba lokalizacji MAR



***MAR ma zastosowanie w utrzymywaniu oraz zwiększaniu jakości i ilości wód podziemnych - również w zarządzaniu środowiskiem.***

## **Jakość wody:**

➤ Poprawa jakości wody w zdegradowanych warstwach wodonośnych (np. zmniejszenie zawartości składników odżywczych pochodzenia rolnego, zapobieganie intruzji wody morskiej ) i obniżanie stężenia zanieczyszczeń geogennych (np. fluoru i arsenu)

➤ Ułatwienie uzdatniania wody (np. oczyszczanie naturalne filtracją przez brzeg)

## **Ilość wody:**

➤ Magazynowanie wody w warstwach wodonośnych na przyszłość (np. do zaopatrzenia w wodę)

➤ Podwyższanie poziomu wód podziemnych w nadmiernie eksploatowanych warstwach wodonośnych



## Zarządzanie środowiskowe:

- Zapobieganie odpływowi burzowemu i erozji gleby
- Zachowanie przepływów środowiskowych w rzekach i strumieniach
- Łagodzenie powodzi i związanych z nimi szkód
- Kontrolowanie intruzji wody morskiej
- Zmniejszanie osiadania gruntu
- Zapewnienie kontroli hydraulicznej nad chmurami zanieczyszczeń
- Podwyższanie poziomu wód podziemnych w celu utrzymania lub poprawienia stanu ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych



## Potencjalne obszary wdrażania MAR:

- Obniżanie się poziomu wód podziemnych
- Niewystarczająca dostępność wód podziemnych - szczególnie w suchych miesiącach
- Znaczne wyeksploatowanie warstwy wodonośnej
- Sąsiedztwo przepuszczalnego uskoku lub warstwy półnapinającej zawierającej wodę zanieczyszczoną lub o niskiej jakości
- Warstwa wodonośna o niskiej jakości wody i wysoce heterogeniczna lub o dużym przepływie bocznym
- Warstwa wskazująca intruzję wody morskiej lub solanki





# Zasady MAR - TYPY (IGRAC, 2007)

	Główne metody MAR	Szczególne metody MAR
Techniki dotyczące głównie infiltracji wody	Metody rozprowadzania powierzchniowego	<b>Stawy infiltracyjne</b>
		Zalewanie
		<b>Rowy i bruzdy</b>
		Nadmiarowa irygacja
	Wymuszona filtracja przez brzeg	<b>Filtracja przez brzeg rzeki lub jeziora</b>
		Filtracja przez wydmy
	Zasilanie przez studnię / szyb / odwiert	<b>Magazynowanie wody w warstwie wodonośnej i odzyskiwanie wody z tej warstwy (ASR)</b>
		Magazynowanie wody w warstwie wodonośnej, wymuszanie przepływów i odzyskiwanie wody z tej warstwy (ASTR)
		Infiltracja przez płytką studnię / szyb / wyrobisko

	Główne metody MAR	Szczególne metody MAR
Techniki dotyczące głównie intercepcji wody	Modyfikacje wewnątrzkanalowe	Bariery fizyczne powierzchniowe
		Bariery fizyczne podpowierzchniowe
		Bariery fizyczne piaskowe
		Poszerzanie kanałów
	Zbieranie wód ze spływu powierzchniowego	Zbieranie wody opadowej z dachów
		Bariery i ograniczenia
		Rowy

Zasady MAR:

<https://www.youtube.com/watch?v=NUM9OAKjcyA>



Woda powierzchniowa przesącza się do warstw wodonośnych przez strefę nienasyconą z:

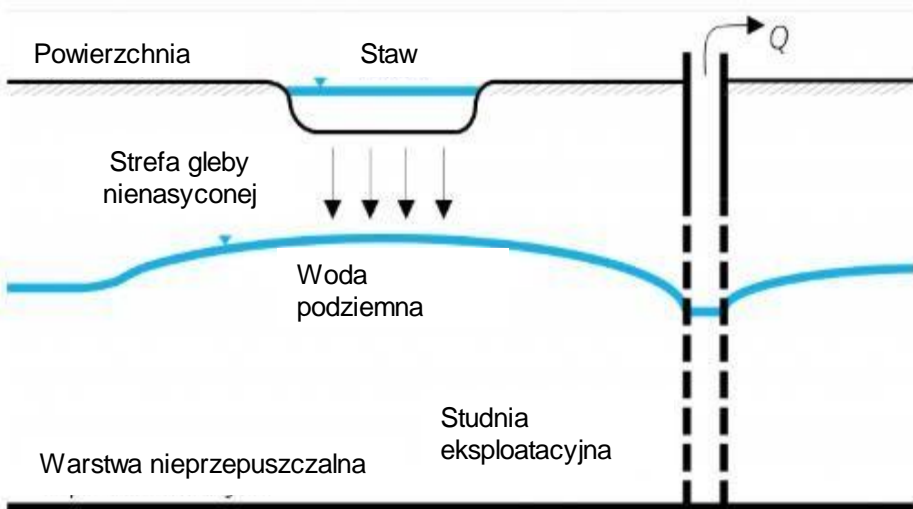
- basenów infiltracyjnych lub rowów powierzchniowych (umiejscowiona infiltracja gruntu)
- nadmiarowego nawadniania upraw lub przekierowywania wód powodziowych (rozproszona infiltracja gruntu)

Woda z zasilania jest magazynowana w warstwie wodonośnej, a w okresie suchym czerpana ze studni.

Metody rozprowadzania powierzchniowego pozwalają gromadzić wodę o **dobrej jakości** (dzięki oczyszczaniu filtracyjnemu).

**Wady:** powodzie powodujące kolmatację i zanieczyszczenie

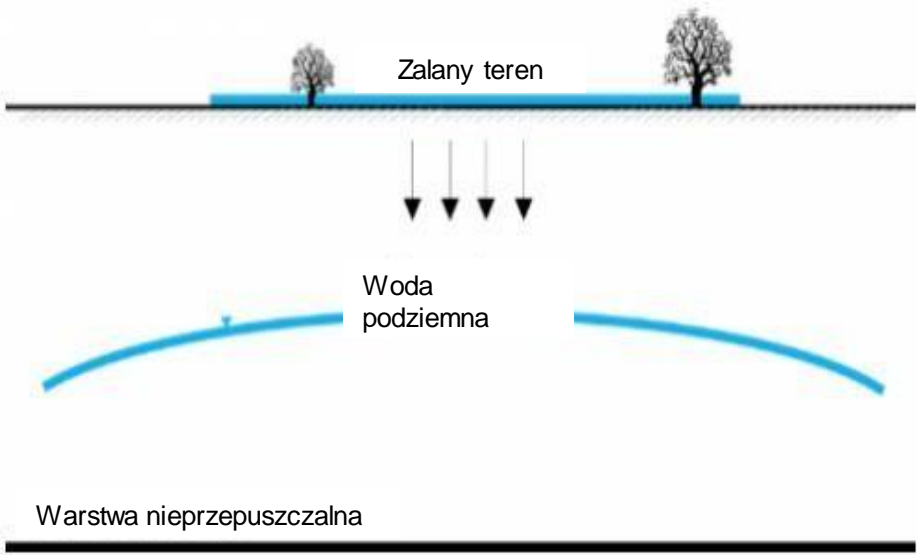


Metoda MAR	Schemat	Zalety
<b>Stawy infiltracyjne</b>		Infiltracja dużych ilości wody stosunkowo niskim kosztem; oczyszczanie i usuwanie kolmatacji stosunkowo proste; zanieczyszczenia organiczne zatrzymywane w glebie

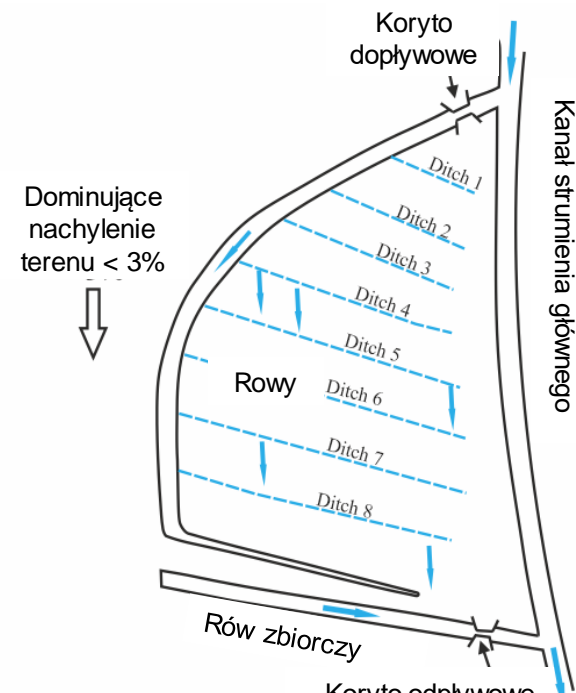


# Metody rozprowadzania powierzchniowego

(IGRAC, 2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
Zalewanie	 <p>The diagram illustrates the process of surface water infiltration (MAR). It shows a cross-section of the ground with a surface layer labeled 'Zalany teren' (flooded area) containing two trees. Below the surface, four downward-pointing arrows indicate the infiltration of water into the ground. This infiltrated water forms a lens of 'Woda podziemna' (groundwater) that is thicker under the flooded area and tapers off in the surrounding areas. At the bottom of the diagram is a thick black line representing the 'Warstwa nieprzepuszczalna' (impermeable layer).</p>	Infiltracja dużych ilości wody stosunkowo niewielkim kosztem



Metoda MAR	Schemat	Zalety
<b>Rowy i bruzdy</b>	 <p>The diagram illustrates a drainage system on a slope with a dominant inclination of less than 3%. It features a series of parallel rows (Rowy) and ditches (Ditch 1 to Ditch 8) that collect surface runoff. The runoff is directed into a main channel (Kanał strumienia głównego) and then into a collection ditch (Rów zbiorczy) at the bottom. The system is bounded by an inlet channel (Koryto dopływowe) and an outlet channel (Koryto odpływowe). A downward arrow indicates the direction of the slope.</p>	W przypadku odwróconego drenażu konstrukcje można zbudować pod ziemią, by nie utrudniały użytkowania gruntów



Metoda MAR	Schemat	Zalety
Nadmiarowa irygacja	Nadmiar wody jest rozprowadzany na danym obszarze w okresach braku prac polowych lub braku potrzeby normalnego nawadniania w celu zasilenia warstwy wodonośnej	Koszty ograniczone dzięki wykorzystaniu istniejących zasobów



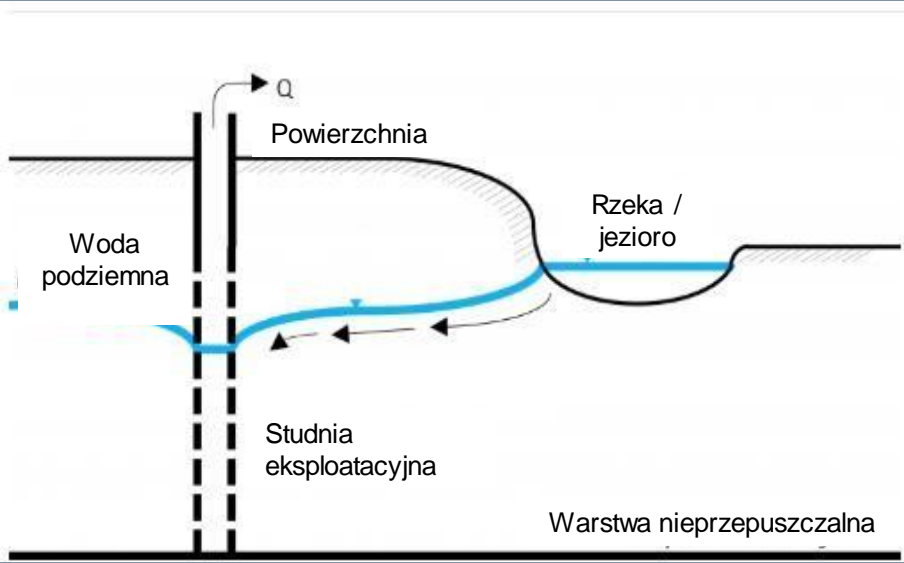
- Korzystna pod względem ilości i jakości wody
- W przypadku słabej jakości wody powierzchniowej w rzece lub jeziorze - dla wzmocnienia oczyszczania naturalnego. Szereg studni równoległych do cieków wodnych wymusza pompowaniem przesączenie się wody powierzchniowej do warstwy wodonośnej.
- Woda pobierana ze studni ma wyższą jakość niż woda ze zbiornika wód powierzchniowych (filtracja usuwa rozpuszczone i zawieszone zanieczyszczenia).



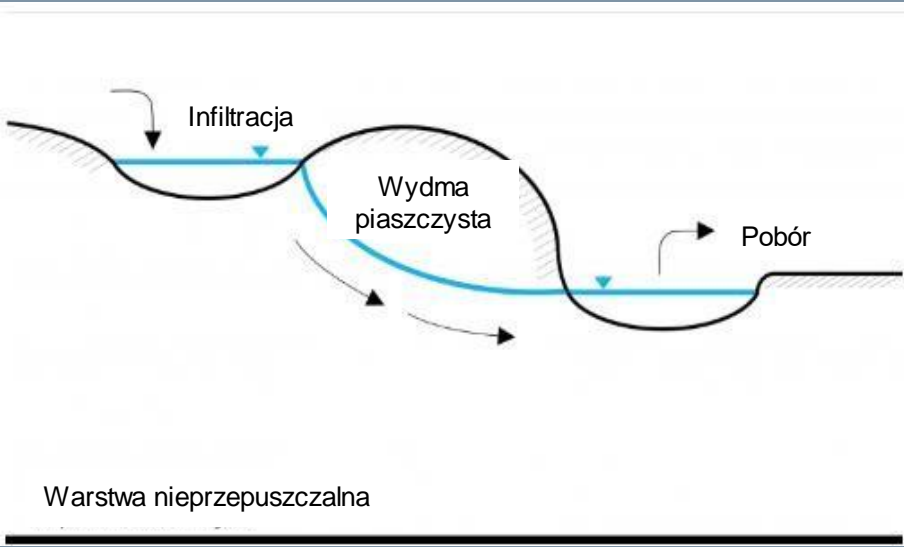


# Wymuszona filtracja przez brzeg rzeki lub jeziora

(IGRAC, 2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
Wymuszona filtracja przez brzeg rzeki lub jeziora		Możliwość pobierania dużych ilości wody o dobrej jakości; zanieczyszczenia organiczne wody źródłowej odfiltrowywane w glebie



Metoda MAR	Schemat	Zalety
Filtracja przez wydmy		Możliwość pobierania dużych ilości wody; odfiltrowywanie zanieczyszczeń z wody źródłowej

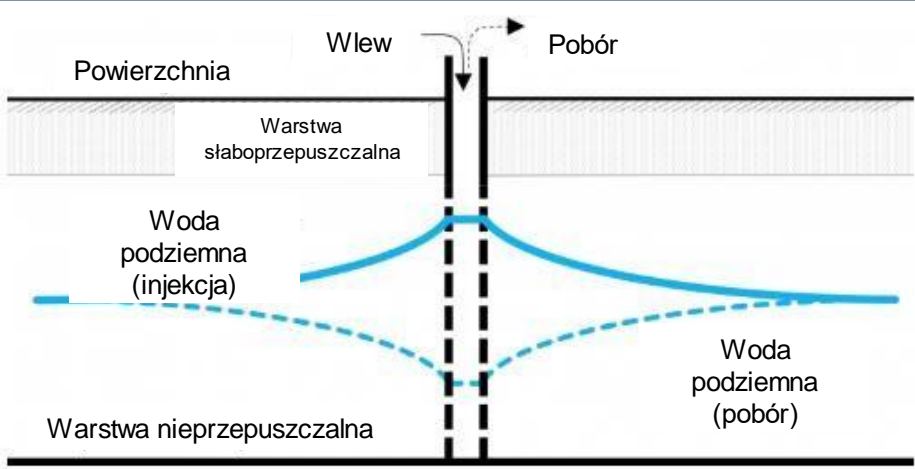


Woda przesącza się przez studnie bezpośrednio do docelowej warstwy wodonośnej.

Przypadki zastosowania:

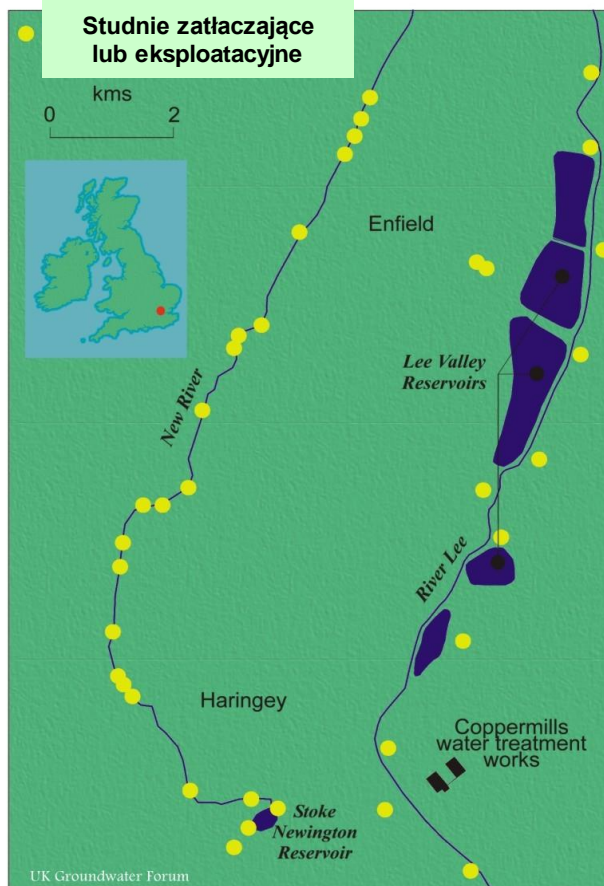
- Strefa nienasycona blokuje infiltrację
- Warstwa wodonośna pokryta warstwą nieprzepuszczalną
- Wykorzystanie istniejących płytkich studni



Metoda MAR	Schemat	Zalety
<b>ASR</b>	 <p>The diagram illustrates the ASR process. It shows a vertical well with two phases: 'Wlew' (injection) and 'Pobór' (extraction). The well passes through a 'Powierzchnia' (surface) layer, a 'Warstwa słaboprzepuszczalna' (weakly permeable layer), and an 'Warstwa nieprzepuszczalna' (impermeable layer). During injection, water is pumped into the well, creating a blue water table profile labeled 'Woda podziemna (injekcja)'. During extraction, water is pumped out, creating a blue water table profile labeled 'Woda podziemna (pobór)'. The diagram also shows a dashed line representing the water table during the extraction phase.</p>	Częściowe usuwanie kolmatacji podczas cyklu pobierania; infiltracja dużych ilości wody stosunkowo niskimi kosztami



## Sztuczne zasilanie w dolinie rzeki Lee (UK)



### • Zima

- Nadmiar wody z Tamizy (fale przyływów)
- Magazynowanie w zbiornikach powierzchniowych
- Oczyszczanie i zatłaczanie do kredowego zbiornika wód podziemnych

### • Lato

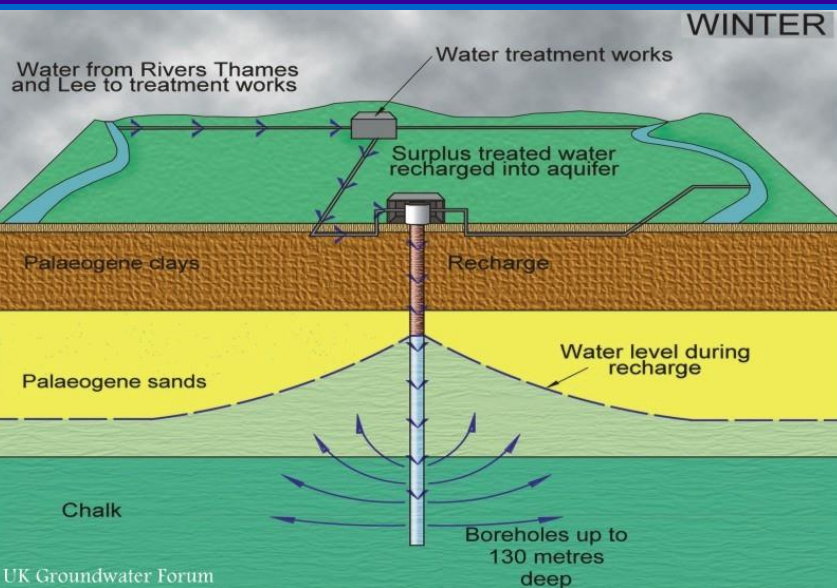
- Ujmowanie wody studniami
- Czasowe magazynowanie wody w zbiornikach powierzchniowych lub kierowanie bezpośrednio do sieci wodociągowej



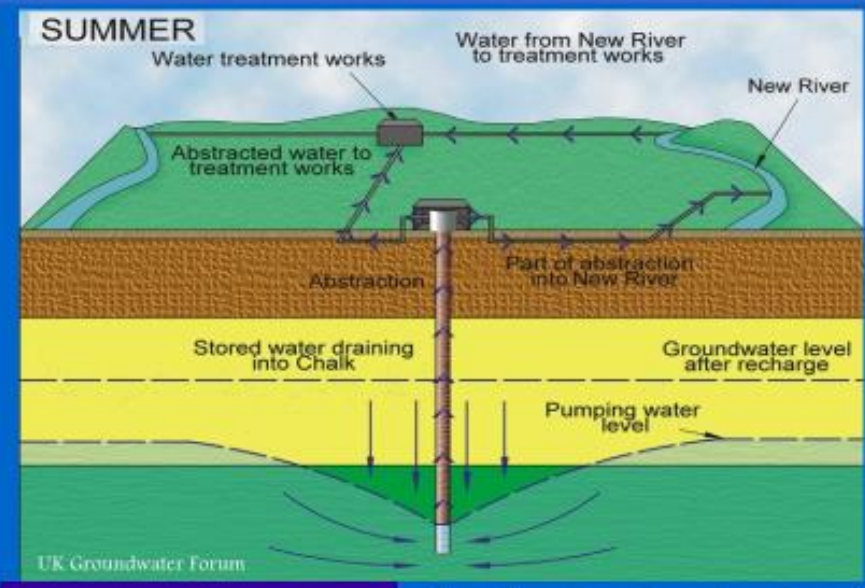
## Podziemne magazynowanie wody (ASR)

[http://www.groundwateruk.org/downloads/groundwater\\_resources.pdf](http://www.groundwateruk.org/downloads/groundwater_resources.pdf)

### w dolinie rzeki Lee – zima

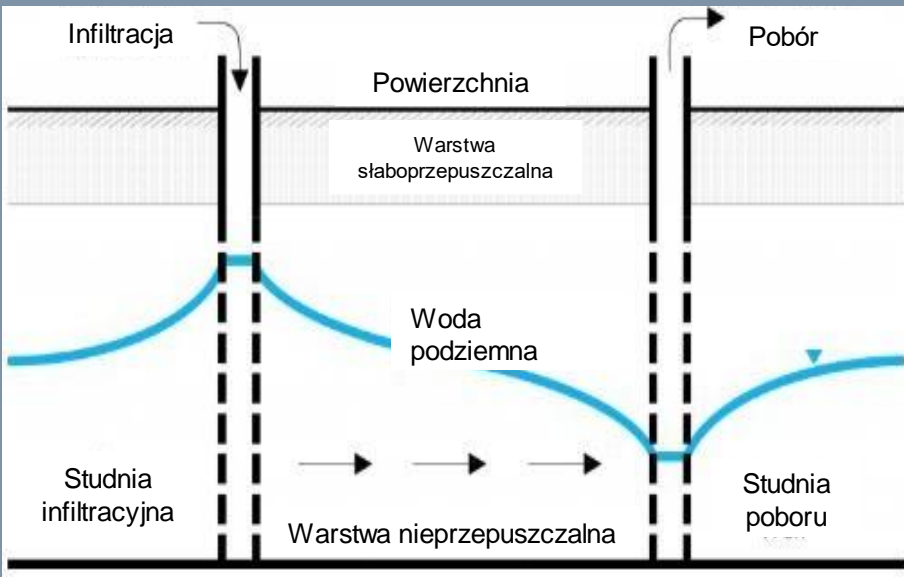


### w dolinie rzeki Lee – lato

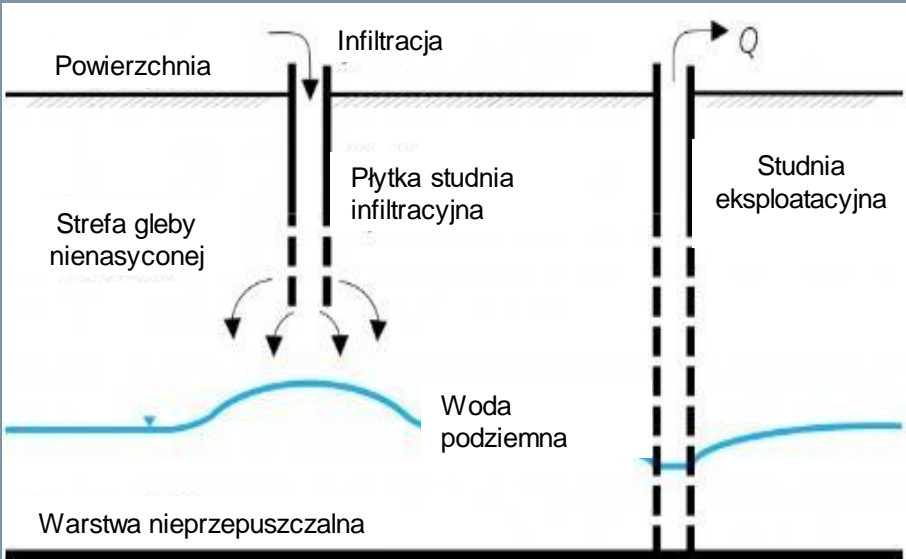


# Zasilanie przez studnię / szyb / odwiert (IGRAC,

2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
ASTR		Infiltracja dużych ilości wody stosunkowo niskim kosztem



Metoda MAR	Schemat	Zalety
Infiltracja przez płytką studnię / szyb / wyrobisko	 <p>The diagram illustrates a Managed Aquifer Recharge (MAR) system. On the left, a vertical pipe labeled 'Płytką studnia infiltracyjną' (shallow infiltration well) is shown with arrows indicating 'Infiltracja' (infiltration) from the 'Powierzchnia' (surface) into the 'Strefa gleby nienasyconej' (unsaturated zone). Below this, a blue line represents the 'Woda podziemna' (groundwater) table, which is higher than the 'Warstwa nieprzepuszczalna' (impermeable layer) at the bottom. On the right, a vertical pipe labeled 'Studnia eksploatacyjna' (production well) is shown with an arrow labeled 'Q' indicating water being pumped out. The groundwater table is lower near this well.</p>	Wykorzystanie istniejących zasobów obniża koszty; pobór z tej samej struktury zmniejsza kolmatację





**Zasada: modyfikacja przepływu strumienia w celu zwiększenia infiltracji wody**

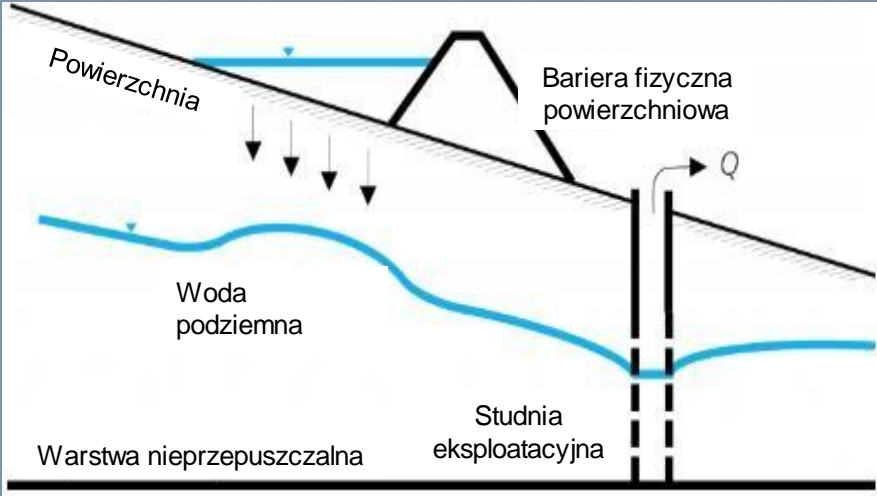
**Opcje:**

- Intercepcja przepływu w strumieniach okresowych barierami fizycznymi w celu regulowania uwalniania wody w sposób dostosowany do zdolności infiltracyjnej warstwy wodonośnej lub w celu zwiększenia infiltracji wody za barierą fizyczną powierzchniową
- Zwałowanie piasków i żwirów przed barierą fizyczną w celu uformowania sztucznej warstwy wodonośnej magazynującej spływ wody burzowej - tylko w nieprzepuszczalnych korytach strumieni

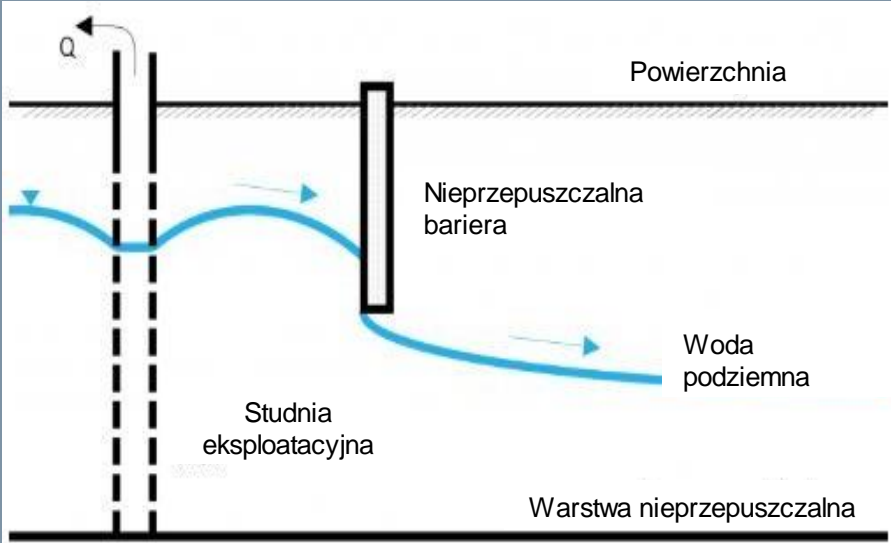


- Budowa barier fizycznych podziemnych o małej przepuszczalności w poprzek koryta strumienia w celu zatrzymania spływu wody burzowej w osadach rzecznych - w strumieniach okresowych o płytkim podłożu skalnym
- Utworzenie L-kształtnych wałów w biegu rzeki w celu zwiększenia zasilania warstwy wodonośnej poprzez zwiększenie powierzchni infiltracji i zmniejszenie prędkości przepływu - w strumieniach nieokresowych

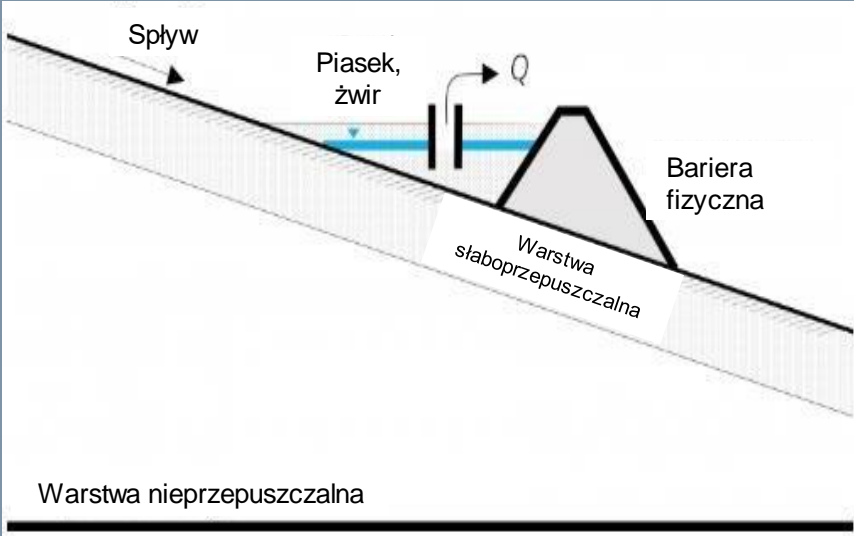


Metoda MAR	Schemat	Zalety
Bariery fizyczne powierzchniowe		Konstrukcje w korytach strumienia, nie utrudniające użytkowania gruntów

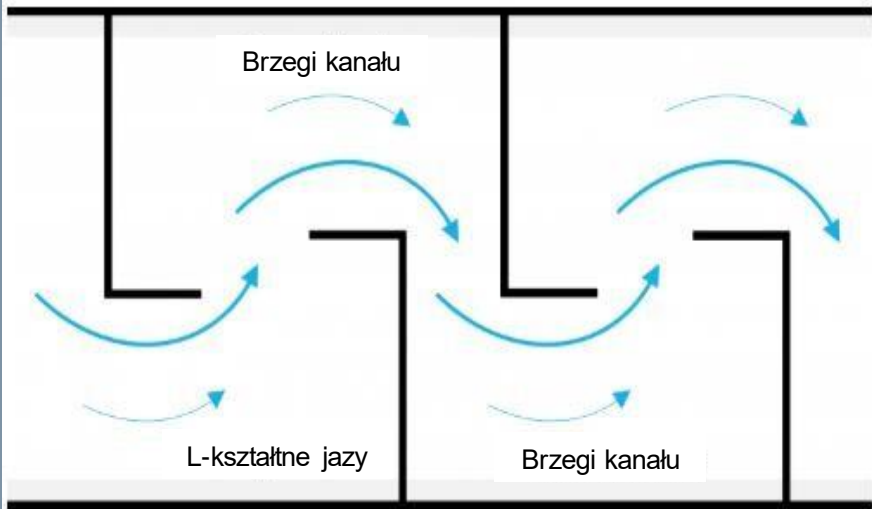


Metoda MAR	Schemat	Zalety
Bariery fizyczne podpowierzchniowe		Tanie konstrukcje; inwestycja społecznościowa; niskie koszty utrzymania; konstrukcje w korycie strumienia, nie utrudniające użytkowania gruntów



Metoda MAR	Schemat	Zalety
Bariery fizyczne piaskowe		Potencjalne problemy z własnością; ryzyko zanieczyszczenia wody; infiltracja stosunkowo niewielkich ilości wody



Metoda MAR	Schemat	Zalety
Poszerzanie kanałów	 <p>The diagram illustrates a channel modification technique. It shows a plan view of a channel with two L-shaped weirs (labeled 'L-kształtne jazy') installed across it. The weirs are positioned such that they create a series of meanders. Blue arrows indicate the flow direction, showing how the water is deflected by the weirs to follow a curved path. Labels 'Brzegi kanału' (channel banks) are placed at the outer curves of the meanders, indicating the new channel boundaries. The weirs are shown as thick black lines forming an 'L' shape across the channel.</p>	Tania technika wykonania; konstrukcje w korcyce strumienia, nie utrudniają użytkowania gruntów

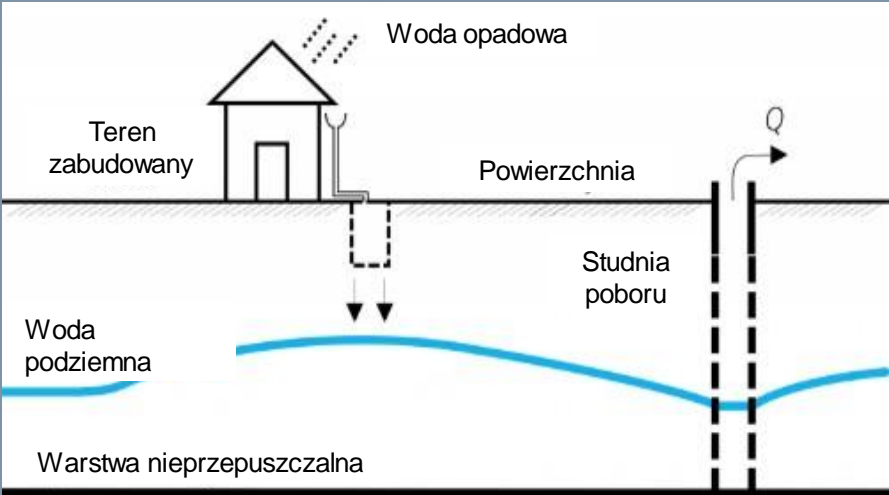


## Opcje:

- Woda opadowa zebrana w gospodarstwie domowym trafia do zbiorników magazynowych, a następnie do wód podziemnych.
- Zbieranie wody ze sływu powierzchniowego z dachów jest stosowane w miastach do zapobieżenia bezproduktywnemu sływowi i do utrzymania poziomu wód podziemnych.
- Gromadzenie wody ze sływu powierzchniowego w rowach lub odwrócony drenaż



# Zbieranie wód ze spływu powierzchniowego (IGRAC, 2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
zbieranie wody opadowej z dachów	 <p>The diagram illustrates the process of rainwater collection. On the left, a building's roof captures rain (Woda opadowa), which is directed into a collection tank. Below the ground surface (Powierzchnia), the water infiltrates into the ground, forming a layer of groundwater (Woda podziemna). This layer is situated above an impermeable layer (Warstwa nieprzepuszczalna). On the right, a well (Studnia poboru) is shown, with an arrow indicating the extraction of water (Q).</p>	Wykorzystanie istniejących zasobów; zapobieganie podtopieniom





Basen infiltracyjny w obszarze zamieszkałym (lokalne boisko)





R.G. Maliva, 2020 – Anthropogenic Aquifer Recharge , Springer. pdf



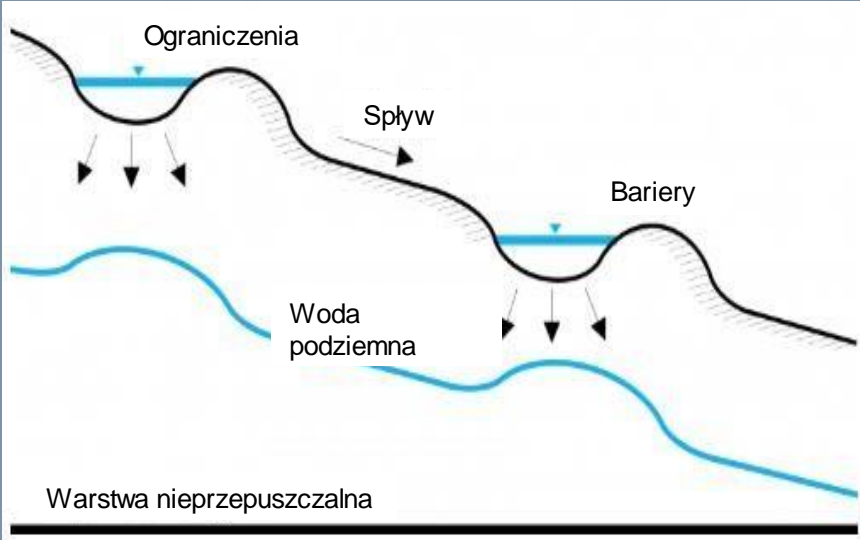
R.G. Maliva, 2020 – Anthropogenic Aquifer Recharge , Springer. pdf

## Ogródek (deszczowy) zlokalizowany w obniżeniu drenażowym

Suchy zbiornik (na wodę deszczową) z płytką studnią zasilającą strefę aeracji



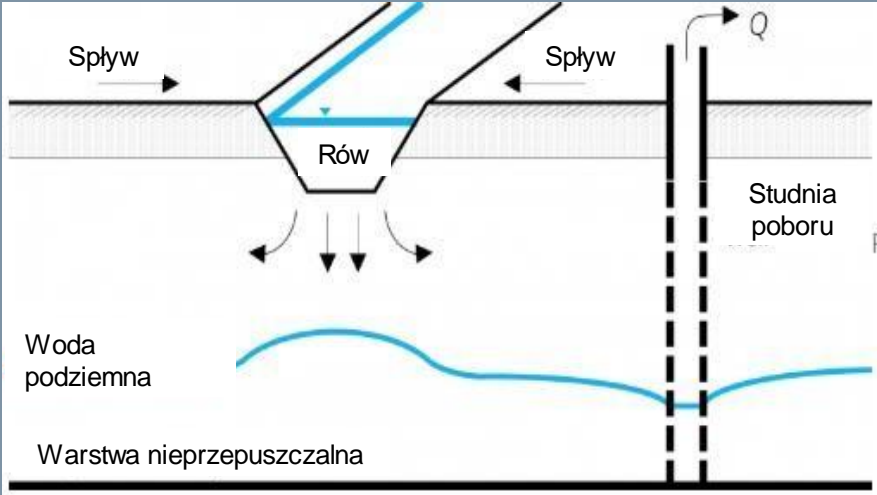
# Zbieranie wód ze spływu powierzchniowego (IGRAC, 2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
Bariery i ograniczenia	 <p>Ograniczenia</p> <p>Spływ</p> <p>Bariery</p> <p>Woda podziemna</p> <p>Warstwa nieprzepuszczalna</p>	Tania technika konstrukcji; projektowanie, budowa i utrzymanie - łatwe; zapobieganie erozji gleby; zasilanie wód podziemnych



# Zbieranie wód ze spływu powierzchniowego

(IGRAC, 2007 & Dillon et al., 2009)

Metoda MAR	Schemat	Zalety
Rowy		Wykorzystanie istniejących struktur; niski koszt; proste użytkowanie; akumulacja wody odpływowej w celu zwiększenia infiltracji do wód podziemnych



## Potencjalne źródła wody:

- ✓ Wody powierzchniowe
- ✓ Wody opadowe
- ✓ Wody burzowe
- ✓ Wody odzyskane
- ✓ Wody podziemne

**W zależności od początkowej jakości wody źródłowej i jej przeznaczenia konieczne może być uzdatnianie wstępne lub dodatkowe w celu doprowadzenia jej do pożądanej jakości.**



# CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYKONALNOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ MAR

Istnieje wiele podejść do ustalania czynników i kryteriów wyboru lokalizacji odpowiedniej dla prowadzenia MAR. Choć podejścia te różnią się metodami, poziomem szczegółowości i systemem klasyfikacji, w większości z nich występują **elementy wspólne**:

- ❖ Uwarunkowania hydrogeologiczne
- ❖ Klimat i hydrologia
- ❖ Procesy biogeochemiczne
- ❖ Monitoring
- ❖ Koszty i ryzyka





# CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYKONALNOŚĆ I EFEKTYWNOŚĆ MAR

Po wybraniu lokalizacji do prowadzenia MAR (z uwzględnieniem ograniczeń takich, jak dostępność wody, charakterystyka hydrogeologiczna i uregulowania prawne), należy przejść przez następujące **pięć etapów**:

1. Wstępna ocena wykonalności systemu zasilania w danej lokalizacji w oparciu o istniejące dane lub modele
2. Zaprojektowanie systemu zasilania
3. Przeprowadzenie szczegółowej analizy lokalizacji w celu potwierdzenia lub uzupełnienia wyników z etapu 1
4. Zbudowanie systemu pilotażowego lub eksperymentalnego o skali umożliwiającej przeprowadzenie wstępnych testów
5. Rozszerzenie inwestycji do skali funkcjonalnej



# Dziękujemy za uwagę

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE.html>





- **Czy wiedzieliście wcześniej o rozwiązaniach MAR?**
- **Czy wiecie cokolwiek o MAR w Polsce i ewentualnie w Europie?**
- **Czy spotykacie się w pracy z jakimikolwiek skutkami zmian klimatu (susza, powódź)?**
- **Czy uznalibyście zastosowanie rozwiązań MAR za przydatne?**
- **Czy wdrożyliście już jakieś środki retencji wody?**
- **Do jakiego sposobu wykorzystania wody potrzebowalibyście rozwiązań MAR?**

